

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU <sup>(11)</sup> 2 456 638 <sup>(13)</sup> C1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(51) МПК  
[G01T 1/169 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 07.04.2016)

(21)(22) Заявка: [2011111915/28](#), 29.03.2011(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.03.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.03.2011

(45) Опубликовано: [20.07.2012](#) Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2242024 C1, 10.12.2004. RU  
2364890 C1, 20.08.2009. RU 2361240 C1,  
10.07.2009. US 20070295898 A1, 27.12.2007.  
US 20060049357 A1, 09.03.2006.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, УрФУ, Центр  
интеллектуальной собственности, Т.В.  
Маркс

(72) Автор(ы):

Шенин Александр Сергеевич (RU),  
Викторов Леонид Викторович (RU),  
Кунцевич Галина Анатольевна (RU),  
Петров Владимир Леонидович (RU),  
Шульгин Борис Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина" (RU)

## (54) СПОСОБ ПОИСКА И ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиационного контроля с использованием ионизационных счетчиков (пропорциональных или счетчиков Гейгера) или сцинтилляционных детекторов. Сущность изобретения заключается в том, что способ поиска и обнаружения источников ионизирующих излучений с использованием перемещаемых по территории (зоне) поиска ионизационных счетчиков или сцинтилляционных детекторов, заключающийся в непрерывном измерении средней скорости счета аддитивной смеси сигнала и фона  $n(t)$  в процессе движения детектирующей системы по обследуемой территории, обработке полученной измерительной информации путем разбиения вектора  $n(t)$  на участки времени экспозиции  $t_{\text{экс}}$ , длительность каждого из которых одинакова и составляет предпочтительно  $(8-15) \cdot t_e$ , определении значения средней скорости счета фона  $b$ , амплитуды предполагаемого сигнала  $a_m$  и положения сигнала  $t_m$  на шкале времени, далее вычислении параметра  $\eta$  по формуле

$$\eta = \frac{a_m}{\sqrt{\frac{a_m + b}{t_e} + \frac{b}{t_{\text{экс}} - 2t_e}}} \quad (1)$$

где  $t_e$  - эффективная длительность сигнала, сравнении  $\eta$  с порогом  $q_0$ , определяемым по заданной вероятности ложных тревог, и принятии решения об обнаружении искомого объекта в случае, если  $\eta > q_0$ , при этом обработку полученной измерительной информации осуществляют путем последовательного увеличения эффективной длительности сигнала  $t_e$  в  $(1,3 \pm 0,1)$  раза от минимального  $t_{e1} = 4 \cdot t_d$ , далее  $t_{e2} = 6 \cdot t_d$ ,  $t_{e3} = 8 \cdot t_d$ , ... и т.д. до максимального значения  $t_e \leq 100$  с (где  $t_d$  - интервал времени дискретизации вектора  $n(t)$ ), вычисления параметра  $\eta_j$  по (1) для каждого значения  $t_{ej}$  и для того из значений  $t_{ej} = t_{em}$ , для которого параметр  $\eta_j$  принимает максимальное значение  $\eta_m$ , вычисления значения оценки искомого расстояния между детектором и источником ИИ по формуле

$$R^* = k_k \cdot v_0 \cdot t_{em},$$

где  $v_0$  - средняя скорость перемещения детектирующей системы, а коэффициент  $k_k$  равен 2,0-2,8 в зависимости от конструкции детектора. Технический результат - повышение точности оценки местоположения обнаруженного источника.

Заявляемый способ относится к области радиационного контроля с использованием ионизационных счетчиков (пропорциональных или счетчиков Гейгера) или сцинтилляционных детекторов и предназначен для поиска, обнаружения и оценки координат местоположения источников ионизирующих излучений (ИИ), утерянных или несанкционированно и преднамеренно спрятанных, например, в случаях незаконного захоронения радиоактивных отходов, и т.п. Заявляемый способ может применяться в носимых портативных или мобильных устройствах радиационного контроля (РК), например, в автомобильных или вертолетных устройствах РК.

Известны способы поиска и обнаружения источников ионизирующих излучений, используемые в портативных устройствах оперативного радиационного контроля [1-4]. Такие устройства представляют собой, как правило, портативные радиометры-дозиметры, в которые введены электронное пороговое устройство и соответствующая звуковая и (или) световая сигнализация превышения порога. В упомянутых устройствах (системах) применяются различные счетные детекторы ионизирующих излучений (либо сцинтилляционные счетчики, либо ионизационные счетчики гамма- и нейтронного излучения).

Так, в одной из сравнительно новых разработок - дозиметре поисковом типа ДРС-РМ1401 (СП "Полимастер", г. Минск) [1], построенном на базе сцинтилляционного счетчика с фотодиодом, используется простейший способ поиска и обнаружения, основанный на использовании постоянного (жестко устанавливаемого) порога обнаружения, зависящего от первоначально измеренного уровня фона, и сводящийся к следующей последовательности операций:

- перед началом контроля проверяемых объектов измеряют количество импульсов фонового излучения  $N_b$ , за время  $t_b = 36$  с;

- прибор переключают в режим оперативного контроля, т.е. измеряют количество импульсов излучения от контролируемого объекта  $N_o$  в течение интервала контроля  $t_n$ , (в [1]  $t_n = 2$  с); (величина  $N_o$  пропорциональна средней скорости счета аддитивной смеси сигнала и фона  $n$ , полученной за время  $t_n$  нахождения объекта контроля в поле зрения детектора -  $N_o = n \cdot t_n$ );

- вычисляют порог  $q = b \cdot t_n + m\sigma$ ,

где  $\sigma = (N_b)^{1/2}$  - среднееквадратическое отклонение (с.к.о.) величины  $N_b$ ;  $m$  - число, равное количеству с.к.о. (обычно устанавливают  $m \geq 4$ );  $b = N_b/t_b$  - средняя скорость счета фона;

- полученное  $N_o$  сравнивают с порогом  $q$ ; если  $N_o > q$ , то принимают решение об обнаружении искомого источника (включают световой или звуковой сигнал "тревоги"); в противном случае принимают решение об отсутствии источника ИИ. В случае необнаружения ИИ никаких сигналов не генерируют и поиск продолжают.

Основным недостатком описанного способа поиска и обнаружения [1] является жесткость задаваемых порогов обнаружения источника ИИ, что не позволяет получить низкие пороги обнаружения при одновременном обеспечении допустимой (задаваемой) вероятности ложных тревог и тем более не позволяет работать в условиях нестационарного фона.

Способ обнаружения, используемый в дозиметре-радиометре типа ДРБП-03 (ВНИИФТРИ, г. Москва) [2], построен на применении еще более жесткого порога обнаружения, чем используемый в [1]; в нем даже количество среднееквадратических

отклонений (с.к.о.)  $m$  не регулируется и всегда равно  $m=4$ . Это приводит к необоснованному завышению порогов обнаружения и к увеличению вероятности пропуска слабого источника ИИ при прочих равных условиях. Аналогичен способ поиска и обнаружения слабых источников ИИ в радиометре-дозиметре МКС-06Н "Инспектор" (производство ТОО "Грин Стар" г.Москва) [3].

Способ поиска и обнаружения, используемый в переносных приборах МКС-А02 (производство НПЦ "Аспект", г.Дубна) [4], совершенно такой же, как и описанный выше способ, применяемый в дозиметрах-радиометрах [1], и обладает теми же недостатками.

Известны способы обнаружения источников ИИ [5], в которых используются некоторые основные положения и выводы из теории обнаружения [6-8]. Однако в [5] упомянутые положения используются недостаточно последовательно и точно и потому также приводят к завышению порогов обнаружения.

В соответствии с теорией обнаружения [6-8], в условиях полной априорной неопределенности (т.е. когда об обнаруживаемом объекте нет информации ни о наличии-отсутствии на нем источника ИИ, ни о величине сигнала от источника ИИ) в обнаружителе может и должен использоваться только критерий Неймана-Пирсона, являющийся наиболее мощным критерием. Последнее означает, что применение критерия Неймана-Пирсона позволяет получить наибольшую теоретически возможную вероятность обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги.

Вторым важнейшим положением теории обнаружения, которое должно использоваться при инженерной реализации теории, является необходимость вычисления отношения правдоподобия. Для практических целей удобнее использовать эквивалентное упомянутому отношению правдоподобия выражение для достаточной статистики  $\eta$  [6], которое в обсуждаемом конкретном случае обнаружения слабых потоков ИИ принимает вид

$$\eta = \frac{(n - b)}{\sqrt{\frac{n}{t_n} + \frac{b}{t_b}}} \quad (1),$$

где все обозначения совпадают с введенными выше (в разделе с описанием аналога - дозиметра ДРС-РМ 1401 [1]).

По физическому смыслу величина  $\eta$  представляет собой относительное (или «нормализованное») значение средней скорости счета сигнала от обнаруживаемого источника  $a=n-b$  (иначе: величина  $\eta$  - это относительное значение сигнала, представленное в таком виде, когда дисперсия сигнала равна единице).

Полученное значение  $\eta$  сравнивают с порогом  $q_0$ , значение которого зависит от заданной оператором вероятности ложной тревоги  $P_{лт}$ , и определяется из таблиц нормального закона распределения.

В способе поиска и обнаружения, описанном в [5], применяется критерий Неймана-Пирсона (по утверждению авторов), однако порог обнаружения вычисляется не с помощью достаточной статистики (1), а в виде

$$q = b \cdot t_n + m \cdot \sigma, \quad (2)$$

где  $\sigma = (N_b)^{1/2}$  - среднеквадратическое отклонение величины  $N_b$ , равной количеству импульсов, зарегистрированных за время измерения уровня фона  $t_b$ .

Очевидно, что описанный способ почти не отличается от [1], за исключением того, что значения  $t_b$  и  $t_n$  могут устанавливаться (регулироваться) в зависимости от требуемой точности и ограничений на время измерения. Причем, определение порога по (2) приводит к существенному завышению минимального обнаруживаемого сигнала по сравнению с теорией, т.е. по сравнению с (1), поскольку количество с.к.о.  $m$  в (2) устанавливается на основе опыта работы или по интуиции (обычно  $m>4$ ), а не на основе строго задаваемых параметров обнаружения и теории обнаружения.

В известном «Способе мониторингирования перемещающихся объектов на предмет обнаружения делящихся ядерных материалов» [9] в основном используются соотношения в соответствии с теорией обнаружения [6-8], причем для формирования порога обнаружения, вычисляемого по заданной вероятности ложных тревог, применяются поправки на Пуассоновскую статистику, что особенно важно при малых скоростях счета. Однако и здесь основные положения теории обнаружения применены не совсем строго.

Известен также способ обнаружения слабых потоков ионизирующих излучений [10], который полностью и строго базируется на теории обнаружения [6-8] и сводится к следующей последовательности операций:

- перед началом контроля объектов определяют порог  $q_0$  в соответствии с задаваемой оператором вероятностью ложных тревог по таблицам для нормального распределения;
- измеряют среднюю скорость счета  $b$ , обусловленного фоновым излучением, причем время измерения фона  $t_b$  может быть любым большим и определяется оперативной обстановкой либо вводится оператором;
- прибор переключают в режим оперативного контроля, т.е. измеряют количество импульсов излучения от контролируемого объекта  $N_0$  в течение интервала контроля  $t_n$ , задаваемого оператором; вычисляют среднюю скорость счета аддитивной смеси сигнала и фона  $n=N_0/t_n$ ;
- определяют значение параметра  $\eta$  по (1);
- полученное значение параметра  $\eta$  сравнивают с порогом  $q_0$ . Если  $\eta > q_0$ , то

принимают решение об обнаружении (включается световой или звуковой сигнал "тревоги"); в противном случае принимают решение о необнаружении (об отсутствии источника), которое фиксируют в отчете по процедуре проведения контроля.

Описанные выше способы [5, 9, 10] не пригодны для задач поиска; они могут использоваться именно и только для задач обнаружения источников ИИ на контролируемых объектах. Очевидно, что при контроле объектов на предмет обнаружения источников ИИ первым ключевым моментом является то, что фон измеряют заранее, т.е. тогда, когда объект контроля отсутствует в зоне чувствительности детектора. Второй ключевой момент заключается в следующем: оператору всегда точно известно, присутствует ли контролируемый объект в зоне контроля (для этого используются так называемые «датчики присутствия», либо оператор сам непосредственно видит объект контроля и в нужный момент времени нажимает кнопки «старт» и «стоп»). Причем время контрольного замера излучения от объекта соответствует значению, равному времени нахождения объекта в зоне чувствительности детекторов. А для принятия решения о наличии либо отсутствии ИИ на объекте в способах типа [5, 9, 10] результат измерений излучения от объекта прямо или косвенно сравнивается с заранее измеренным уровнем фона.

При проведении поиска складывается существенно иная постановка задачи: в общем случае при поиске всегда неизвестно, присутствует или нет слабый источник ИИ в зоне чувствительности детектора. При проведении поиска требуется непрерывно, в течение длительного времени, достигающего 3-10 часов, при перемещении аппаратуры с детекторами измерять излучение, и из полученных результатов таких непрерывных измерений каким-то образом извлекать информацию для принятия решения о наличии либо отсутствии источника ИИ в зоне поиска. В такой постановке задачи способы [5, 9, 10] в принципе не пригодны.

Кроме того, важно добавить, что все описанные выше способы [1-5, 9, 10] не пригодны для решения задачи поиска в условиях, когда фон является существенно нестационарным. Как показывают результаты практических исследований фона на длительных интервалах времени [11-13], уровень фона, измеряемый с интервалами усреднения порядка 100-300 с, может изменяться со скоростями порядка  $10 \cdot (\text{с.к.о.})$  за 20-30 мин, а за 2-3 часа (за время проведения поиска) «уплывать» по абсолютной величине на 50% и более. Если для задач радиационного контроля объектов проблема адаптации к флуктуациям среднего уровня фона может решаться довольно просто (в пределе, в самых неблагоприятных условиях - путем измерения уровня фона перед контролем каждого нового объекта), то в задачах поиска проблему адаптации к изменениям фона решить непросто. Здесь совершенно неприемлем такой, например, прием: выходить из зоны поиска каждые 15-20 мин для уточнения уровня фона. Поэтому чаще прибегают к единственно возможной в указанных условиях мере - к способу завышения (загрубления) порогов обнаружения.

Известны способы для поиска и обнаружения радиоактивных объектов, используемые в устройствах типа [14] и относящиеся к области радиационного мониторинга. Эти способы могут быть использованы для поиска и обнаружения радиоактивных объектов на местности, а также пространственного распределения радиоактивных источников при ядерно-физическом каротаже скважин. Однако указанные способы и соответствующие им устройства [14] близки к заявляемому только по названию; по сути они обязательно предполагают применение множества стационарных постов со сложными устройствами радиационного контроля, снабженными коллиматорами. Обзорное описание указанной группы способов и устройств, предназначенных для непрерывного радиационного мониторинга местности вокруг АЭС и для оперативного мониторинга в случае аварии, приведено в

[13]. Очевидно, что указанная группа устройств [13, 14] к обсуждаемым задачам поиска источников ИИ не имеет отношения.

Известна также группа устройств, предназначенных для обнаружения источников ИИ и делящихся материалов на подвижных объектах. Например, системы «Янтарь-1А» [15] для контроля проезжающих автомобилей, (и другие аналогичные системы, описанные на сайте научно-производственного центра «НПЦ Аспект»), в которых используется способ обнаружения по [9], проанализированный выше. Однако все устройства типа [15], а также и устройства [13, 14] являются стационарными; для поиска же, как отмечалось выше, в принципе требуется передвижная (или носимая) аппаратура с детекторами ИИ.

Следует сослаться и на обзор [16], где подробно описаны несколько различных способов обработки данных радиационных мониторов. В обзоре [16] фактически описаны все способы обнаружения источников ИИ, приведенные нами выше (в том числе и способ авторов настоящей заявки [10]). Однако в [16] рассмотрены только случаи использования неподвижных устройств радиационного контроля (именно последние и обозначаются у специалистов термином «радиационные мониторы»), и совершенно не затронуты задачи поиска ИИ средствами подвижных (мобильных) устройств радиационного контроля.

Наиболее близким к заявляемому является способ поиска и обнаружения ИИ, описанный в [17].

Способ, предложенный в [17], заключается в выполнении следующей последовательности операций.

1. Сразу по прибытии в зону поиска детектирующей системы, начинают измерять среднюю скорость счета аддитивной смеси сигнала и фона  $n(t)$  на участках времени экспозиции (интервалах времени)  $t_{\text{экс}}$ , длительность каждого из которых одинакова и составляет предпочтительно  $(8-15) \cdot t_e$ , где  $t_e$  представляет собой эффективную длительность сигнала.

2. По окончании интервала экспозиции №1 длительностью  $t_{\text{экс}}$  из значений вектора  $n_1(t)$ , измеренного на интервале №1, определяют величины средней скорости счета фона  $b$ , амплитуды сигнала  $a_m$  и положения максимума сигнала на шкале времени  $t_m$ .

3. Вычисляют значение параметра  $\eta$  по формуле

$$\eta = \frac{a_m}{\sqrt{\frac{a_m + b}{t_e} + \frac{b}{t_{\text{экс}} - 2t_e}}} \quad (3)$$

4. Полученное значение параметра  $\eta$  сравнивают с порогом обнаружения  $q_0$ , определяемым по заданной вероятности ложных тревог. Если  $\eta > q_0$ , то принимают решение об обнаружении (о положительном результате поиска источника ИИ на интервале №1); в противном случае принимают решение об отсутствии сигнала.

5. Параллельно с процедурой обработки реализации  $n_1(t)$  продолжают дальнейшие измерения значений  $n(t)$ .

6. По окончании интервала №2 вектор  $n_2(t)$  подвергают обработке, точно такой же, как описано в пп.2-4.

7. Далее последовательно повторяют действия по пп.1-5 для интервалов №№3, 4, 5 и т.д. вплоть до завершения поиска на заданной территории.

Эффективная длительность сигнала определяется из соотношения  $t_e = k_t \cdot r_0 / v_0$ , где  $r_0$  - кратчайшее расстояние между детектором и ожидаемой точкой размещения искомого источника ИИ;  $v_0$  - средняя скорость движения детектирующей системы;  $k_k$  - коэффициент, значение которого определяется конструкцией детектора (для плоского детектора  $k_k = 2,0$ ; для всенаправленного детектора  $k_k = 2,8$ ).

Способ [17] обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с описанными выше [1-5, 9-16], главные из которых таковы:

- возможность проведения поиска источников ИИ с помощью подвижной детектирующей системы в условиях существенно нестационарного фона;
- возможность достижения наибольшей вероятности обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги, т.е. возможность достижения низких порогов обнаружения, близких к теоретически предельным [6-8] для заданных параметров обнаружения.

Однако нельзя не отметить один важный недостаток, характерный для описанного способа [17], который заключается в следующем.

Поскольку значению эффективной длительности сигнала  $t_e$ , зависящему от ожидаемого расстояния  $r_0$ , заранее присваивают некоторую жесткую величину, то вероятность пропуска полезного сигнала весьма велика. Действительно, расстояние  $r_0$  от детектирующей системы до искомого источника ИИ в большинстве реальных случаев выполнения поиска априори неизвестно. Поэтому, задавая заранее некоторое жесткое значение предполагаемого расстояния  $r_0$  (и соответствующее значение  $t_e$ ), мы рискуем с большой вероятностью пропустить (не обнаружить) источник.

Можно объяснить указанный недостаток способа [17] иначе, используя понятие оптимальной фильтрации [18]. Анализ показывает, что способ [17] (а конкретнее - способ обработки вектора  $n(t)$  по пунктам 1-2, описанным выше) можно считать эквивалентным способу использования оптимального цифрового фильтра, на выходе которого получают максимально возможное (по сравнению с любыми иными устройствами) отношение сигнал/шум. Задавая заранее, перед началом поиска, некоторое жесткое значение  $t_e$ , соответствующее расстоянию  $r_0$ , мы тем самым «настраиваем оптимальный фильтр» только на одно значение расстояния  $r_0$ . А если в реализации  $n(t)$  имеется сигнал, соответствующий другому (например, втрое большему) расстоянию, то такой сигнал с большой вероятностью будет пропущен.

Предлагаемым изобретением решаются задачи уменьшения вероятности пропуска полезного сигнала (и, соответственно, источника ИИ) и повышения точности оценки местоположения обнаруженного источника.

Для решения названных задач в заявляемом способе поиска, обнаружения и оценки местоположения источников ИИ, если формулировать предельно кратко, предлагается за основу взять способ-прототип [17], дополнив его в части обработки вектора  $n(t)$  операциями последовательного перебора значений  $t_e$ . Т.е. последовательно увеличивают  $t_e$  в  $(1,3 \pm 0,1)$  раза от минимального  $t_{e1} = 4 \cdot t_0$ , далее  $t_{e2} = 6 \cdot t_0$ ,  $t_{e3} = 8 \cdot t_0$ , ...  $t_{ej}$ , и т.д. до максимального значения  $t_{e(\text{Max})} < 100$  с (где  $t_0$  - интервал времени дискретизации вектора  $n(t)$ ). Для каждого  $t_{ej}$  вычисляют параметр  $\eta_j$  по (3), и для того из значений  $t_{ej} = t_{em}$ , для которого параметр  $\eta_j$  принимает максимальное значение  $\eta_m$ , вычисляют значение оценки искомого расстояния между детектором и источником ИИ по формуле

$$R^* = k_k \cdot v_0 \cdot t_{em} \quad (4),$$

где  $k_k$  равно 2,0-2,8 в зависимости от конструкции детектора.

Примечание. Здесь и ниже используются обозначения, принятые и расшифрованные в описании способа-прототипа [17].

Если предлагаемый способ поиска, обнаружения и оценки местоположения источников ИИ описывать более подробно, то он заключается в выполнении следующей последовательности операций.

1. Сразу по прибытии в зону поиска детектирующей системы, в ходе непрерывного перемещения последней, начинают измерять среднюю скорость счета аддитивной смеси сигнала и фона  $n(t)$ . Причем вектор  $n(t)$  разбивают на участки времени экспозиции (интервалы времени)  $t_{\text{экср}}$ , длительность каждого из которых одинакова и составляет предпочтительно  $(8-15) \cdot t_e$ , где  $t_e$  представляет собой эффективную длительность сигнала.

На первом этапе обработки величину  $t_e$  назначают равным некоторому минимальному значению  $t_{e(\text{min})} = t_{e1} = 4 \cdot t_0$ , где  $t_0$  - интервал времени дискретизации вектора  $n(t)$ . Указанное значение  $t_{e1}$  ограничивается условиями дискретизации полезного сигнала на шкале времени  $a(t)$  (анализ показывает, что минимум соответствует 4-м точкам дискретизации сигнала  $a(t)$ ). Сам интервал времени дискретизации  $t_0$ , как показывает практический опыт разработки аппаратуры радиационного контроля, может быть равным значениям от 0,1 до 1,0 с.

Примечание: Для упрощения описания здесь и ниже предполагается, что на трассе поиска имеется только один источник ИИ.

Далее последовательность обработки вектора  $n(t)$  не отличается от описанной выше в пп.2-7 способа-прототипа [17].

2. По окончании интервала экспозиции №1 длительностью  $t_{\text{экср1}}$  из значений вектора  $n_1(t)$ , измеренного на интервале №1, определяют величины средней скорости счета фона  $b$ , амплитуды сигнала  $a_m$  и положения максимума сигнала на шкале времени  $t_m$ .

3. Вычисляют значение параметра  $\eta$  по формуле (3).

4. Полученное значение параметра  $\eta$  сравнивают с порогом обнаружения  $q_0$ , определяемым по заданной вероятности ложных тревог. Если  $\eta > q_0$ , то принимают решение об обнаружении (о положительном результате поиска источника ИИ на интервале №1); в противном случае принимают решение об отсутствии сигнала.

5. Параллельно с процедурой обработки реализации  $n_1(t)$  продолжают дальнейшие измерения значений  $n(t)$ .

6. По окончании интервала №2 вектор  $n_2(t)$  подвергают обработке, точно такой же, как описано в пп.2-4.

7. Далее последовательно повторяют действия по пп.1-5 для интервалов №№3, 4, 5 и т.д. вплоть до окончания вектора  $n(t)$ .

8. На 2-м, 3-м и т.д. этапах обработки значения  $t_e$  последовательно увеличивают в  $(1,3 \pm 0,1)$  раза, и для каждого нового значения  $t_{e2} = 6 \cdot t_{e1}$ ,  $t_{e3} = 8 \cdot t_{e2}$ , ...  $t_{ej}$  и т.д. повторяют обработку вектора  $n(t)$  в соответствии с пп.2-7. Указанную процедуру повторяют до тех пор, пока  $t_{ej}$  не достигнет максимального значения  $t_{e(\text{Max})} \leq 100$  с.

9. В результате выполнения всех этапов обработки, если имеются факты обнаружения сигнала, получают ряд значений параметра  $\eta_j$ , соответствующих значениям эффективной длительности  $t_{ej}$ .

10. Для того из значений  $t_{ej} = t_{em}$ , для которого параметр  $\eta_j$  принимает максимальное значение  $\eta_m$ , вычисляют значение оценки искомого расстояния между детектором и источником ИИ по формуле (4), причем значение коэффициента  $k_k$  выбирают равным 2,0 для плоской конструкции детектора и  $k_k = 2,8$  для всенаправленного детектора.

При обработке вектора  $n(t)$  в предлагаемом способе, как и в прототипе [17], целесообразно обеспечить такой режим, при котором каждый последующий  $(i+1)$ -й интервал длительностью  $t_{эксп}$  накладывается на предыдущий  $i$ -й интервал на величину  $2t_e$ . Таковое перекрытие необходимо для случаев, когда сигнал расположен на краю интервала  $t_{эксп}$ .

Из описания предлагаемого способа видно, что поскольку осуществляется «перебор» всех реально возможных значений  $t_e$ , и соответственно, расстояний  $r_0$ , то вероятность пропуска полезного сигнала существенно снижается по сравнению с прототипом [17]. (Безусловно, здесь обсуждаются только задачи обнаружения слабых сигналов, для которых отношение сигнал/фон  $\leq 0,1$ ).

По вопросу повышения точности определения расстояния до обнаруженного источника ИИ по сравнению с прототипом [17] следует отметить следующее.

В прототипе [17] при движении по трассе детектирующей системы можно было определить только положение линии, перпендикулярной участку трассы, на которой может находиться обнаруженный источник ИИ. Расстояние же от трассы до источника ИИ по [17] определялось с весьма большой погрешностью, превышающей  $\pm 80\%$ , (а иногда, при больших сигналах, достигающей 200-300%).

При использовании предлагаемого способа, как показывает анализ и модельные проверочные эксперименты, указанная погрешность определения расстояния между детектором и источником ИИ (погрешность значения  $R^*$ ) не превысит 40%.

Таким образом, полученное значение расстояния  $R^*$  и координаты точки нахождения детектирующей системы, соответствующей моменту обнаружения, позволяют однозначно указать местоположение источника ИИ, поскольку источник ИИ находится на линии, перпендикулярной трассе, по которой перемещается детектирующая система. Очевидно также, что упомянутые координаты «точки обнаружения» на трассе определяются с помощью современной спутниковой навигационной системы (GPS или ГЛОНАСС), работа которой синхронизируется с работой детектирующей системы средствами прикладного программного обеспечения.

Предложенный способ обладает дополнительными преимуществами в сравнении с аналогами и прототипом.

1. В описываемом способе поиска и обнаружения использовано предположение о том, что на длине отрезка контролируемой зоны поиска может находиться только один точечный источник ИИ. Такое предположение принято для упрощения описания способа. Однако реально на трассе контроля может находиться несколько точечных источников ИИ. Учитывая, что в большинстве практических случаев трасса контроля оказывается достаточно протяженной, и источники сильно разнесены, предлагаемый способ может быть применен и для упомянутого случая поиска нескольких источников ИИ без существенных дополнительных усложнений. Для каждого из

обнаруженных источников предлагаемый способ позволяет определить свое расстояние  $R^*$  от трассы, по которой перемещается детектирующая система.

2. Предложенный способ пригоден и для работы в режиме контрольно-пропускного пункта, особенно когда обследуется большое число транспортных средств и очень длинные фуры.

#### ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Дозиметр поисковый микропроцессорный ДРС-РМ1401. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - Минск: СП Полимастер, 1997.

2. Дозиметр-радиометр ДРБП-03. Паспорт ГКПС 14.00.00.000 ПС. - М.: ВНИИФТРИ, 1996.

3. Радиометр-дозиметр МКС-06Н INSPECTOR. Паспорт. - М.: ТОО "Грин Стар", 1996.

4. МКС-А02. Руководство по эксплуатации. ДКЦИ.411168.002 РЭ. / г.Дубна Московской обл.: НПЦ Аспект, 2000 г., 19 с.

5. Кириллов В.М., Супрунов В.И. Обнаружение движущихся источников ионизирующих излучений. Измерительная техника. - 1994. N 8, с.63.

6. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.1. - М.: Сов. радио, 1972, 744 с.

7. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. - М.: Радио и связь, 1982, 624 с.

8. Закс Ш. Теория статистических выводов. - М.: Мир, 1975, 776 с.

9. Способ мониторингирования перемещающихся объектов на предмет обнаружения делящихся ядерных материалов. // Горев А.В., Зайцев Е.И., Иванов А.И. Патент №2150127 от 27.05.2000.

10. Способ обнаружения слабых потоков ионизирующих излучений. // Виктор Л.В., Кружалов А.В., Шеин А.С., Шульгин Б.В., Шульгин Д.Б. Патент РФ №2140660. от 27.10.1999.

11. Статистические характеристики флуктуации гамма- и нейтронного фона. Андреев В.С., Виктор Л.В., Петров В.Л., Шеин А.С. VI Международное совещание «Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии». Тезисы докладов. М.: 2002. с.32.

12. Виктор Л.В., Могильникова Ю.А. Вариации нейтронного поля Земли. // В сб.: "Проблемы спектроскопии и спектрометрии". Екатеринбург. УГТУ. 2000. С.95-104.

13. Хазанов Д.Б. Построение систем оценки радиационной обстановки в районе расположения АЭС. (Обзор). // Ядерное приборостроение. (Вопросы атомной науки и техники). Вып.2. 1985. С.3.

14. Устройство для поиска и обнаружения радиоактивных объектов. // Мухин В.И., Муслимов Р.Х., Самосадный В.Т. Патент РФ №2160909 от 12.20.2000.

15. Стационарная таможенная система обнаружения делящихся и радиоактивных материалов "Янтарь-1А". Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ДКЦИ.425713.004 ТО. 1997. (г.Дубна Московской обл. НПЦ "Аспект").

16. Обзор отечественных радиометрических и спектрометрических систем, которые могут быть использованы для целей учета и контроля ядерных материалов. // ФГУП ВНИИА им. Н.Л.Духова // на сайте: <http://www.vniia.ru/rgamo/literat/obzor/doc/obzorrus.pdf>.

17. Способ поиска и обнаружения источников ионизирующих излучений / Виктор Л.В., Ивановских К.В., Лазарев Ю.Г., Петров В.Л., Шеин А.С., Шульгин Б.В. // Патент РФ №2242024 от 10.12.2004.

18. Лезин Ю.С. Оптимальные фильтры и накопители импульсных сигналов. М.: Сов. Радио, 1963, 278 с.

#### Формула изобретения

Способ поиска и обнаружения источников ионизирующих излучений с использованием перемещаемых по территории (зоне) поиска ионизационных счетчиков или сцинтилляционных детекторов, заключающийся в непрерывном измерении средней скорости счета аддитивной смеси сигнала и фона  $n(t)$  в процессе движения детектирующей системы по обследуемой территории, обработке полученной измерительной информации путем разбиения вектора  $n(t)$  на участки времени экспозиции  $t_{\text{ЭКСП}}$ , длительность каждого из которых одинакова и составляет предпочтительно  $(8-15) \cdot t_c$ , определении значения средней скорости счета фона  $b$ , амплитуды предполагаемого сигнала  $a_m$  и положения сигнала  $t_m$  на шкале времени, далее вычисления параметра  $\eta$  по формуле



$$\eta = \frac{a_m}{\sqrt{\frac{a_m + b}{t_e} + \frac{b}{t_{\text{эксп}} - 2t_e}}}, \quad (1)$$

где  $t_e$  - эффективная длительность сигнала, сравнении  $\eta$  с порогом  $q_0$ , определяемым по заданной вероятности ложных тревог, и принятии решения об обнаружении искомого объекта в случае, если  $\eta > q_0$ , отличающийся тем, что обработку полученной измерительной информации осуществляют путем последовательного увеличения эффективной длительности сигнала  $t_e$  в  $(1,3 \pm 0,1)$  раза от минимального  $t_{e1} = 4 \cdot t_{\delta}$ , далее  $t_{e2} = 6 \cdot t_{\delta}$ ,  $t_{e3} = 8 \cdot t_{\delta}$ , ... и т.д. до максимального значения  $t_e \leq 100$  с (где  $t_{\delta}$  - интервал времени дискретизации вектора  $n(t)$ ), вычисления параметра  $\eta_j$  по (1) для каждого значения  $t_{ej}$  и для того из значений  $t_{ej} = t_{em}$ , для которого параметр  $\eta_j$  принимает максимальное значение  $\eta_m$ , вычисления значения оценки искомого расстояния между детектором и источником ИИ по формуле

$$R^* = k_k \cdot v_0 \cdot t_{em},$$

где  $v_0$  - средняя скорость перемещения детектирующей системы, а коэффициент  $k_k$  равен 2,0-2,8 в зависимости от конструкции детектора.

## ИЗВЕЩЕНИЯ

**ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: **30.03.2013**

Дата публикации: [10.02.2014](#)